饲粮磷水平对崂山奶山羊泌乳性能和血清生化指标的影响

王慧敏[1] 朱凤华[1] 葛 蔚[1] 曹玉芳[1] 程 明[2] 林英庭[1*]

(1.青岛农业大学动物科技学院，青岛 266109；2.青岛市畜牧兽医研究所，青岛 266109)

摘 要:本试验旨在研究饲粮磷水平对崂山奶山羊泌乳性能和血清生化指标的影响。选择体重(56.55±1.17) kg、产奶量(2.20±0.07) kg/d、泌乳中期的 2 胎健康崂山奶山羊 30 只，采用单因素随机分组设计，随机分成 3 组，每组 10 只，每只羊为 1 个重复。各组饲喂能量和蛋白质水平一致，磷水平分别为 0.26%、0.36%及 0.46%的饲粮。预试期 15 d，正试期 60 d。结果表明：1）饲粮磷水平对干物质采食量均无显著影响（P>0.05）。2）0.36%组产奶量全期平均值较高，极显著高于 0.26%组、0.46%组（P<0.01），0.26%组与 0.46%组差异不显著（P>0.05）；干物质采食量/产奶量、干物质采食量/4%标准乳产量均以 0.36%组较低，极显著低于 0.46%组（P<0.01）。3）饲粮磷水平对乳脂率、乳蛋白率、乳糖率、乳非脂固形物率、乳磷含量、乳钙含量均无显著影响（P>0.05）。4）饲粮磷水平对血清中钙、磷、尿素氮含量及碱性磷酸酶活性均无显著影响（P>0.05）。由此可见，泌乳期崂山奶山羊饲粮磷水平以 0.36%为宜。

关键词：崂山奶山羊；磷水平；泌乳性能；血清生化指标

中图分类号：S826

崂山奶山羊是我国优良的奶山羊品种，具有适应性强、耐粗饲、体格粗壮、产奶量高、遗传性能稳定等特点[1-2]。根据崂山奶山羊营养需要进行科学饲养管理对充分发挥其品种的生产潜力具有重要意义。磷是动物体内必需的常量矿物质元素，具有重要的生理功能，饲粮中磷缺乏或供给不足，钙磷比不当都会发生磷代谢障碍而引起动物出现不良反应或疾病，饲粮中磷水平过高不利于奶山羊对钙及其他二价矿物质元素的吸收，并且过量磷排放到环境中，造成环境污染。近几年有关山羊饲粮磷需要量[3-4]和奶牛饲粮磷需要量[5-6]的研究报道较多，但关于奶山羊饲粮磷水平的研究较少。本试验以泌乳期崂山奶山羊为研究对象，研究了饲粮磷水平对崂山奶山羊泌乳性能和血清生化指标的影响，旨在确定泌乳期崂山奶山羊饲粮的适宜磷水平，为奶山羊健康养殖提供参考。

收稿日期：2016-08-01

基金项目：山东省现代农业产业技术体系羊产业创新团队（SDAIT-10-04）

作者简介：王慧敏（1990—），女，山东潍坊人，硕士研究生，研究方向为反刍动物营养与饲料科学。E-mail: wanghuimin572x@163.com

*通信作者：林英庭，教授，硕士生导师，E-mail： lyt0701@aliyun.com

1 材料与方法

1.1 试验动物及试验设计

选用青岛奥特崂山奶山羊原种场泌乳天数(120±1.52) d、体重(56.55±1.17) kg、产奶量(2.20±0.07) kg/d 的崂山奶山羊 2 胎母羊 30 只，采用单因素试验设计分为 A 组、B 组、C 组，每组 10 只，每只羊为 1 个重复。试验期 75 d，其中预试期 15 d，正试期 60 d。试验开始时奶山羊产奶量及乳成分见表 1。

表 1　试验开始时奶山羊产奶量及乳成分

Table 1　MY and milk composition of dairy goats at the beginning of experiment

项目 Items	产奶量 MY/[kg/(d•只)]	乳脂率 Milk fat percentage/%	乳蛋白率 Milk protein percentage/%	乳糖率 Lactose percentage/%	乳非脂固形物率 Milk nonfat solid percentage/%	乳钙含量 Milk calcium content/(mg/g)	乳磷含量 Milk phosphorus content/（10^{-2} mg/g）
A 组 Group A	2.21±0.05	3.08±0.27	2.86±0.04	4.91±0.05	8.39±0.09	1.36±0.04	0.90±0.06
B 组 Group B	2.21±0.05	3.00±0.23	2.77±0.04	4.77±0.06	8.24±0.13	1.40±0.03	0.96±0.12
C 组 Group C	2.21±0.03	3.14±0.20	2.85±0.05	4.88±0.07	8.35±0.13	1.39±0.07	1.09±0.14
P 值 *P*-value	0.999	0.902	0.270	0.257	0.650	0.767	0.452

1.2 试验饲粮及营养水平

试验饲粮以 NRC（2007）山羊饲养标准为基础，根据崂山奶山羊的产奶量、泌乳天数、体重等因素通过计算得出所需饲粮磷水平为 0.36%，进而设计出磷水平分别为 0.26%、0.36%及 0.46%，能量和蛋白质水平基本一致的 3 种试验饲粮。试验饲粮组成及营养水平见表 2，以全混合日粮（TMR）形式饲喂。

表 2　试验饲粮组成及营养水平(干物质基础)

Table 2　Composition and nutrient levels of experimental diets (DM basis)　　%

项目 Items	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C
原料 Ingredients			
花生蔓 Peanut vine	20.00	20.00	20.00
青贮玉米 Corn silage	40.00	40.00	40.00
玉米 Corn	22.00	22.00	22.00
豆粕 Soybean meal	10.00	10.00	10.00
小麦麸 Wheat bran	6.34	6.06	5.80
石粉 Limestone	0.76	0.40	
磷酸氢钙 $CaHPO_4$		0.64	1.30
食盐 NaCl	0.50	0.50	0.50
预混料 Premix[1)]	0.40	0.40	0.40

合计 Total	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels2)			
消化能 DE/(MJ/kg)	11.02	11.01	11.00
粗蛋白质 CP	13.56	13.55	13.53
中性洗涤纤维 NDF	41.33	41.28	41.22
酸性洗涤纤维 ADF	29.53	29.51	29.49
钙 Ca	0.85	0.85	0.85
磷 P	0.26	0.36	0.46
钙磷比 Ca:P	3.27	2.36	1.85

1) 预混料为每千克饲粮提供 Premix provided the following per kilogram of diets：VA 17 500 IU，VE 43 mg，VD_3 3 500 IU，VB_5 25.74 mg，Mn(as manganese sulfate) 31 mg，Zn(as zinc sulfate) 92.5 mg，Cu(as copper sulfate) 30 mg，Co(as cobaltous sulfate) 0.72 mg，I(as potassium iodide)1.25 mg，Se(as sodium selenite) 1.00 mg。

2) 消化能为计算值，各原料的消化能[7-8]分别乘以其在饲粮配方中所占的比例再相加，其余为实测值。DE was a calculated value, which was the sum of DE of ingredients[7-8] multiplied by the respective shares in the proportion of dietary formulas， while others were measured values.

1.3 饲养管理

试验羊单栏饲养，每天 06:00、10:30、15:30、20:00 饲喂，自由采食，供应充足洁净饮水。每天 06:00、18:00 机械挤奶，同时记录采食及羊群健康状况。各组饲养管理条件完全一致。

1.4 试样采集及处理

1.4.1 饲粮样

按四分法分别采集精料、青贮玉米、花生蔓，65 ℃烘箱中烘干，制成风干样，粉碎后备用。

1.4.2 乳样

分别在正试期的第 0、30、60 天连续 2 d 采集乳样。采集样品时间为每次采样第 1 天 18:00 和第 2 天 06:00，第 1 天采样后置于 4 ℃冰箱内保存，在第 2 次采样后和第 1 次的样品混合均匀后，置于-20 ℃冰箱保存。

1.4.3 血清样

分别在正试期的第 0、30、60 天采集血清样。用肝素钠抗凝采血管采集试验羊颈静脉血液 5 mL，静置 2 h 后在离心力为 1 369×g 下离心 10 min，转移上清液于 2 mL 离心管中，置于-20 ℃冰箱保存。

1.5 测定指标与方法

1.5.1 饲粮营养成分的测定

根据《饲料分析及饲料质量检测技术》[9]中的凯氏定氮法测定饲粮中的粗蛋白质含量，根据高锰酸钾滴定法测定饲粮中的钙的含量，根据钼黄比色法测定饲粮中磷的含量；根据Van Soest 等[10]提出的方法测定饲粮中的中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)含量。

1.5.2 干物质采食量（DMI）

每天饲喂前后准确记录投喂量和剩料量，按照《饲料分析及饲料质量检测技术》[9]中的方法测定饲粮样和剩料样的干物质含量，计算干物质采食量，以确定每只羊的实际采食量。

1.5.3 产奶量

正试期内每天记录早、晚产奶量，计算日产奶量，并按下式计算 4%标准乳产量：

4%标准乳产量=产奶量×（0.4+15×乳脂率）。

试验结束后统计分析产奶状况，计算料奶比（干物质采食量/产奶量、干物质采食量/4%标准乳产量）。

1.5.4 乳成分指标

乳脂率、乳蛋白率、乳糖率、乳非脂固形物率用 HZDY-UL80BC 乳成分分析仪测定，乳钙含量按照 GB/T 5009.92-2003 测定，乳磷含量按照 GB/T5009.87-2003 测定。

1.5.5 血清生化指标

血清钙、磷、尿素氮含量及碱性磷酸酶活性及用日立 7600 全自动生化分析仪测定。血清钙含量采用偶氮胂III比色法测定，试剂盒购自北京利德曼生化股份有限公司；血清磷含量采用磷钼酸紫外分光光度法测定，试剂盒购自北京利德曼生化股份有限公司；血清碱性磷酸酶活性采用连续监测法测定，试剂盒购自四川迈克生物科技股份有限公司；血清尿素氮含量采用脲酶连续监测法测定，试剂盒购自四川迈克生物科技股份有限公司。

1.6 数据处理与分析

试验数据用 Excel 软件进行数据的基本处理。采用 SPSS 17.0 软件进行单因素方差分析，Duncan 氏法多重比较进行组间差异显著性检验，以 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 分别作为差异显著和极显著判断标准，结果以平均值±标准误表示。

2 结果与分析

2.1　饲粮磷水平对干物质采食量的影响

由表 3 可知，饲粮磷水平对泌乳期崂山奶山羊干物质采食量影响不显著（P>0.05）。但各组 31~60 d 较 1~30 d 均出现下降的趋势。

表 3　饲粮磷水平对崂山奶山羊干物质采食量的影响

Table 3　Effects of dietary phosphorus level on DMI of *Laoshan* dairy goats　　kg/(d・只)

项目 Items	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C	P 值 P-value
1~30 d	2.15±0.02	2.14±0.03	2.10±0.03	0.327
31~60 d	2.10±0.02	2.12±0.04	2.06±0.02	0.183
平均值 Average	2.13±0.02	2.13±0.02	2.08±0.02	0.078

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著(P<0.05)，不同大写字母表示差异极显著(P<0.01)，相同或无字母表示差异不显著(P>0.05)。下表同。

Values in the same row with different small superscripts mean significant difference (P<0.05), while with different capital letter superscripts mean significant difference (P<0.01), while with the same or no letter superscripts mean significant difference (P>0.05). The same as below.

2.2　饲粮磷水平对崂山奶山羊产奶量的影响

由表 4 可知，1~30 d 各组产奶量差异不显著（P>0.05）；31~60 d B 组产奶量最高，极显著高于 A 组和 C 组(P<0.01)。全期平均值来看，B 组产奶量最高，极显著高于 A 组和 C 组(P<0.01)。1~30 d A 组和 B 组 4%标准乳产量均极显著高于 C 组（P<0.01）,31~60 d B 组 4%标准乳产量最高，极显著高于 A 组和 C 组(P<0.01)，A 组 4%标准乳产量极显著高于 C 组（P<0.01）。从全期平均值来看，A 组、B 组 4%标准乳产量极显著高于 C 组(P<0.01)，B 组显著高于 A 组(P<0.05)。

表 4　饲粮磷水平对崂山奶山羊产奶量的影响

Table 4　Effects of dietary phosphorus level on MY of *Laoshan* dairy goats　　kg/(d•只)

项目 Items	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C	P 值 P-value
产奶量 MY				
1~30 d	2.22±0.02	2.25±0.04	2.15±0.04	0.106
31~60 d	$1.92±0.03^{Bb}$	$2.15±0.04^{Aa}$	$1.90±0.03^{Bb}$	0.000
平均值 Average	$2.06±0.04^{Bb}$	$2.19±0.03^{Aa}$	$2.02±0.03^{Bb}$	0.001
4%标准乳产量 4% FCM				
1~30 d	$2.00±0.02^{Aa}$	$1.97±0.03^{Aa}$	$1.83±0.03^{Bb}$	0.001
31~60 d	$1.81±0.03^{Bb}$	$1.98±0.04^{Aa}$	$1.69±0.02^{Cc}$	0.000
平均值 Average	$1.90±0.03^{Ab}$	$1.97±0.02^{Aa}$	$1.76±0.02^{Bc}$	0.000

2.3 饲粮磷水平对崂山奶山羊料奶比的影响

由表 5 可见，就干物质采食量/产奶量而言，1~30 d 各组差异不显著（*P*>0.05）；31~60 d A 组和 C 组均极显著高于 B 组(*P*<0.01)；全期平均值来看，A 组和 C 组均极显著高于 B 组(*P*<0.01)。就干物质采食量/4%标准乳产量而言，1~30 d 随着饲粮中磷水平的增加而呈现增加的趋势，C 组极显著高于 A 组(*P*<0.01)，显著高于 B 组(*P*<0.05)，A 组与 B 组差异不显著（*P*>0.05）；31~60 d C 组极显著高于 B 组(*P*<0.01)，显著高于 A 组(*P*<0.05)，A 组极显著高于 B 组(*P*<0.01)；全期平均值来看，C 组极显著高于 A 组和 B 组(*P*<0.01)，A 组与 B 组差异不显著（*P*>0.05）。

表 5 饲粮磷水平对崂山奶山羊料奶比的影响

Table 5 Effects of dietary phosphorus level on feed to milk ratio of *Laoshan* dairy goats

项目 Items	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C	*P* 值 *P*-value
干物质采食量/产奶量 DMI/MY				
1~30 d	0.97±0.01	0.96±0.02	0.98±0.02	0.431
31~60 d	1.1±0.02^{Aa}	0.99±0.02^{Bb}	1.09±0.01^{Aa}	0.000
平均值 Average	1.03±0.02^{Aa}	0.97±0.01^{Bb}	1.04±0.02^{Aa}	0.006
干物质采食量/4%标准乳产量 DMI/4% FCM				
1~30 d	1.07±0.01^{Bb}	1.09±0.02^{ABb}	1.15±0.02^{Aa}	0.013
31~60 d	1.17±0.02^{Ab}	1.07±0.02^{Bc}	1.22±0.02^{Aa}	0.000
平均值 Average	1.12±0.01^{Bb}	1.08±0.01^{Bb}	1.19±0.02^{Aa}	0.000

2.4 饲粮磷水平对崂山奶山羊乳成分的影响

由表 6 可见，随着磷水平的增高，乳脂率呈现下降趋势，但各组间差异不显著（*P*>0.05）。乳磷含量随着磷水平的增高呈现升高趋势，但各组间差异不显著（*P*>0.05）。各组乳蛋白率、乳糖率、乳非脂固形物率、乳钙含量均无显著差异（*P*>0.05）。

表 6 饲粮磷水平对崂山奶山羊乳成分的影响

Table 6 Effects of dietary phosphorus level on milk composition of *Laoshan* dairy goats

项目 Items	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C	*P* 值 *P*-value
乳脂率 Milk fat percentage/%	3.61±0.26	3.49±0.20	3.27±0.19	0.552
乳蛋白率 Milk protein percentage/%	2.90±0.03	2.79±0.05	2.86±0.11	0.578
乳糖率 Lactose percentage/%	5.01±0.05	4.87±0.06	4.92±0.06	0.219
乳非脂固形物率 Nonfat solid percentage/%	8.45±0.27	8.31±0.12	8.43±0.11	0.175
乳钙含量 Milk calcium content/(mg/g)	1.10±0.03	1.23±0.06	1.22±0.04	0.093
乳磷含量 Milk phosphorus content/（10^{-2} mg/g）	0.98±0.08	1.11±0.09	1.19±0.16	0.453

2.5 饲粮磷水平对血清生化指标的影响

由表 7 可知，饲粮磷水平对试验羊血清磷、钙、尿素氮含量及碱性磷酸酶活性均无显著影响（P>0.05）。

表 7 饲粮磷水平对崂山奶山羊血清生化指标的影响

Table 7 Effects of dietary phosphorus level on serum biochemical indices of *Laoshan* dairy goats

组别 Items	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C	*P* 值 *P*-value
磷 P/（mmol/L）	1.82±0.20	2.13±0.19	2.00±0.20	0.544
钙 Ca/（mmol/L）	2.17±0.04	2.16±0.06	2.14±0.06	0.935
碱性磷酸酶 ALP/（U/L）	58.20±3.04	62.60±4.13	59.80±2.93	0.657
尿素氮 UN/（mmol/L）	6.16±0.43	6.27±0.32	6.01±0.30	0.881

3 讨 论

3.1 饲粮磷水平对崂山奶山羊干物质采食量的影响

干物质采食量影响泌乳反刍动物的生产性能。宋范成[11]通过给奶牛饲喂磷水平分别为0.27%、0.35%、0.43%、0.51%、0.59%的饲粮，发现饲粮磷水平对奶牛采食量无显著影响，赵恒聚等[6]试验得出磷水平分别为 0.32%、0.44%、0.56%的饲粮对奶牛采食量无显著影响。戈新等[5]对不同胎次和产奶量的奶牛均饲喂磷水平分别为 0.38%、0.55%的饲粮，结果发现，磷水平对奶牛采食量无显著影响。从本试验各组干物质采食量平均值来看，磷水平分别为0.26%、0.36%、0.46％的饲粮对崂山奶山羊干物质采食量影响不显著，这与上述几人的研究结果一致。分析其原因在于试验 3 组饲粮组成，除了矿物质磷水平不同外，其他营养水平基本相同；除此之外，饲养管理也相同。综上所述，添加不同水平的矿物质磷并不能影响崂山奶山羊的干物质采食量。

3.2 饲粮磷水平对崂山奶山羊产奶量和料奶比的影响

饲养管理和营养水平是决定反刍动物产奶量的 2 个重要因素，磷作为奶山羊必需的一种矿物质元素，与产奶性能有着重要关系。关于磷对奶牛产奶性能的影响报道不一。宋范成[11]研究发现，饲粮磷在 0.27%~0.59%（干物质基础）的范围时，提高或降低饲粮中磷的水平并不能引起奶牛产奶量的显著变化。然而更多的研究得到了与之不同的试验结果。黄文明等[12]给高产奶牛群饲喂不同磷水平（0.34%、0.52%、0.60%）的饲粮，结果发现 0.34%组产奶量极显著高于 0.52%组。刘振[13]给中国荷斯坦奶牛饲喂不同磷水平（0.37%、0.47%、0.57%）的饲粮，结果发现产奶中后期 0.37%组产奶量显著高于 0.47%组、0.57%组。Carataírs 等[14]

泌乳早期奶牛干物质采食量和产奶量在饲粮磷水平为0.40%~0.42%的饲粮时达到最大值，并且不能随饲粮磷水平的提高而提高。Wu 等[15]研究发现，在泌乳期 5~12 周的时候，饲粮磷水平为 0.40%奶牛的产奶量要高于为 0.52%的奶牛，在泌乳前 78 周，0.40%的磷含量就可以使产奶量达到最大值，而且奶牛出现负磷平衡，但血清中磷含量保持正常值。本试验结果显示，0.36%组产奶量极显著高于 0.26%组、0.46%组，即 0.36%组产奶量最好，这与 NRC（2007）山羊饲养标准中的一致，0.26%组、0.46%组产奶量无显著差异。饲喂 NRC（2007）规定的磷水平饲粮能有较高的产奶量，与机体内磷平衡的调控有重要关系，当动物采食低磷饲粮时，血浆磷就会刺激 1.25-二羟维生素 D_3 的合成，提高磷的吸收；而当动物采食较多的磷时，饲粮中增加的磷则以较低的吸收系数被吸收。产奶量的变化也可能与钙磷比有关,前人没有针对奶山羊饲粮磷水平对产奶量是否有影响的研究报道，具体原因有待进一步探究。料奶比是衡量崂山奶山羊生产成本的重要指标，料奶比决定崂山奶山羊的经济效益，料奶比越低，饲料利用率越高。本试验中，0.36%组料奶比低于 0.26%组、0.46%组，这是因为本试验中饲粮磷水平对试羊的干物质采食量无显著影响，而对试羊的产奶量有显著影响，且 0.36%组产奶量显著高于其余 2 组。0.26%组和 0.46%组干物质采食量/产奶量差异不显著，这是因为低磷水平和高磷水平的饲粮均不利于磷的吸收，进而造成 2 组产奶量无显著差异。饲粮通过将不同乳脂率的乳矫正得到的 4%标准乳产量,从各组平均值来看，0.36%组极显著高于 0.46%组，显著高于 0.26%组；0.26%组极显著高于 0.46%组。这与 3 组产奶量的变化趋势基本一致。干物质采食量/4%标准乳产量在 1~30 d 和 31~60 d 的差异主要是由于随着试验的进行，0.36%组试羊在 31~60 d 产奶量显著的高于 0.26%组和 0.46%组，而 3 组羊的干物质采食量、乳脂率在整个试验阶段均无显著差异造成的。

3.3 饲粮磷水平对崂山奶山羊乳成分的影响

乳成分是衡量乳制品质量的重要指标进而成为衡量崂山奶山羊经济效益的重要因素。影响奶牛乳成分的因素较多，有品种因素、遗传因素、饲养管理因素、营养水平、动物生理阶段及健康状况等。本试验中崂山奶山羊饲喂磷水平分别为 0.26%、0.36%、0.46%的饲粮对乳脂率、乳蛋白率、乳糖率、乳非脂固形物率、乳钙含量均没有显著影响，但 0.26%组乳钙含量表现出了低于 0.36%组和 0.46%组的趋势，这是由于 0.26%组磷水平较低，体内钙通过内分泌调控磷的平衡，消耗一部分钙导致的。但随着各组饲粮磷水平的升高，乳磷含量呈现增

高趋势，各组差异不显著。这说明本试验饲粮磷水平对崂山奶山羊乳成分无影响，可能与 3 组饲粮的营养水平、饲养管理基本一致有关。Puggaard 等[16]研究表明，磷水平分别为 0.24%、0.34%的饲粮对奶牛的乳蛋白率和乳脂率均没有显著影响；戈新等[5]研究发现，通过给泌乳期奶牛饲喂磷水平分别为 0.38%、0.55%的饲粮对乳脂率和乳蛋白率无显著影响；同时宋范成[11]也研究发现，给奶牛饲喂 0.27%~0.59%磷水平的饲粮对乳脂率、乳蛋白率、乳糖率、乳非脂固形物率、乳磷含量及乳钙含量均无显著影响。以上几项研究均得出与本试验一致的结果。

3.4　饲粮磷水平对血清生化指标的影响

血清钙、磷含量及碱性磷酸酶活性是反映机体钙磷代谢的重要指标。Malmolf[17]研究认为，血清尿素氮含量可以准确反映蛋白质代谢和氨基酸的平衡状况，与奶山羊的生产性能等有着重要的联系。奶山羊饲粮中钙、磷供应不足或钙磷比不当常会造成骨骼结构的异常、骨软化症、食欲降低、生长缓慢、生产性能下降等不良影响。研究也表明，在某些情况下如奶牛长时间采食低磷的饲粮，血清中磷的含量就会降低甚至低于正常值[18]，较低的磷含量会引起血中离子钙含量的升高，进而刺激甲状旁腺素的分泌量减少，减少肾脏中磷的排泄，此外，也会导致 1.25-二羟维生素 D_3 含量升高，促进肾脏对于磷的重吸收和肠道对于食糜中磷的吸收[19]。因此，反刍动物的钙磷代谢与它的健康及生产密切相关。Puggaard 等[20]报道，当奶牛饲粮磷水平能满足奶牛的机体需要时，奶牛血清生化指标不受饲粮磷水平变化的影响，反之，若不满足奶牛机体的需要，血清生化指标将出现显著性差异，奶牛机体出现磷缺乏症。卢德勋[21]研究发现，绵羊血清钙含量、磷含量、碱性磷酸酶活性、尿素氮含量的正常值分别为 2.12~2.87 mmol/L、1.13~2.58 mmol/L、12~120 U/L、2.9~7.1 mmol/L。本试验中 A 组、0.36%组、0.46%组血清钙含量分别为 2.17、2.16、2.14 mmol/L，血清磷含量分别为 1.82、2.13、2.00 mmol/L，碱性磷酸酶活性分别为 58.20、62.60、59.80 U/L，尿素氮含量分别为 6.16、6.27、6.01 mmol/L，均在羊上述正常值范围内，并且各组间均无显著差异。王建华等[22]通过给崂山奶山羊饲喂磷水平分别为 0.29%、0.41%、0.59%的饲粮，结果发现对崂山奶山羊血清磷含量均无显著影响，Lopez 等[18]得出了相似的结论，这与本试验各组饲粮崂山奶山羊血清磷含量无显著差异结果一致。Call 等[23]通过饲喂磷水平分别为 0.24%、0.32%、0.42%的饲粮，发现各组奶牛血清钙含量差异不显著。Wu 等[24]研究发现，通过给奶牛饲喂磷水平分别为

0.38%、0.48%的饲粮，血清钙含量无显著差异，得出了与本试验一致的结果。孙国强等[25]研究发现，饲粮磷水平对奶牛碱性磷酸酶活性并无显著影响，与本试验结果一致。本试验结果显示，饲粮磷水平对崂山奶山羊血清尿素氮含量影响不显著。戈新等[26]通过研究饲粮磷水平对崂山奶山羊氮消化代谢的影响，得知不同磷水平的饲粮对血浆尿素氮含量并无显著影响，这与本试验的结果一致。

4 结 论

磷水平可显著影响崂山奶山羊产奶量及料奶比，但对干物质采食量、乳成分、血清生化指标均无显著影响。综合分析认为，本试验条件下，崂山奶山羊饲粮中磷水平以 0.36%为宜。

参考文献：

[1] 王建民,李福昌,王中华.崂山奶山羊主要性状遗传参数的估测[J].山东农业大学学报,1998,29(1):41–45.

[2] 韩文兴,王作洲.我国著名的地方良种——崂山奶山羊[J].中国草食动物,2003,23(3):49–50.

[3] 赵智力.内蒙古白绒山羊生长羯羊钙、磷需要量的研究[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2006.

[4] 朱新民.生长期波杂山羊钙磷代谢规律及需要量研究[D].硕士学位论文.乌鲁木齐:新疆农业大学,2004.

[5] 戈新,王建华,李培培,等.不同磷水平日粮饲喂奶牛的效果[J].中国奶牛,2009(2):17–18.

[6] 赵恒聚,高艳霞,李秋凤,等.日粮磷水平对泌乳奶牛生产性能及磷排放的影响[J].中国农业科学,2011,44(22):4687–4693.

[7] 张宏福.动物营养参数与饲养标准[M].2版.北京:中国农业出版社,2010:24–25.

[8] 袁翠林,于子洋,王文丹,等.山东省羊常用粗饲料营养价值评定[J].草业学报,2015,24(6):220–226.

[9] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].3版.北京:中国农业大学出版社,2007:49–150.

[10] VAN SOEST P J,ROBERTSON J B,LEWIS B A.Methods for dietary fiber,neutral detergent fiber,and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition[J].Journal of Dairy Science,1991,74(10):3583–3597.

[11] 宋范成.日粮磷水平对奶牛瘤胃发酵、产奶性能及磷消化代谢的影响[D].硕士学位论文.

呼和浩特:内蒙古农业大学,2010.
[12] 黄文明,夏建民,曹志军,等.日粮磷水平对高产奶牛泌乳性能的影响研究[J].中国畜牧杂志,2013,49(15):70–72.
[13] 刘振.日粮磷水平对奶牛生产性能及磷排放的影响[D].硕士学位论文.杭州:浙江大学,2010.
[14] CARSTAIRS J A,NEITZEL R R,EMERY R S.Energy and phosphorus status as factors affecting postpartum performance and health of dairy cows[J].Journal of Dairy Science,1981,64(1):34–41.
[15] WU Z,SATTER L D,SOJO R.Milk production,reproductive performance,and fecal excretion of phosphorus by dairy cows fed three amounts of phosphorus[J].Journal of Dairy Science,2000,83(5):1028–1041.
[16] PUGGAARD L,KRISTENSEN N B,SEHESTED J.Effect of decreasing dietary phosphorus supply on net recycling of inorganic phosphate in lactating dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2011,94(3):1420–1429.
[17] MALMOLF K.Amino acid in farm animal nutrition metabolism,partition and consequences of imbalance[J].Swedish Journal of Agriculture Research,1988,18(4):191–193.
[18] LOPEZ H,KANITZ F D,MOREIRA V R,et al.Effect of dietary phosphorus on performance of lactating dairy cows:milk production and cow health[J].Journal of Dairy Science,2004,87(1):139–145.
[19] BERNDT T J,SCHIAVI S,KUMAR R.“Phosphatonins” and the regulation of phosphorus homeostasis[J].American Journal of Physiology:Renal Physiology,2005,289(6):F1170–F1182.
[20] PUGGAARD L,LUND P,LIESEGANG A,et al.Long term effect of reduced dietary phosphorus on feed intake and milk yield in dry and lactating dairy cows[J].Livestock Science,2014,159:18–28.
[21] 卢德勋.反刍动物营养调控理论及其应用[M].呼和浩特:内蒙古畜牧科学杂志社,1993.
[22] 王建华,戈新,汪文鑫,等.磷在崂山奶山羊体内消化、分配和利用的研究[J].饲料研究,2007(12):1–4.
[23] CALL J W,BUTCHER J E,SHUPE J L,et al.Clinical effects of low dietary phosphorus

concentrations in feed given to lactating dairy cows[J].American Journal of Veterinary Research,1987,48(1):133–136.

[24] WU Z,SATTER L D.Milk production and reproductive performance of dairy cows fed two concentrations of phosphorus for two years[J].Journal of Dairy Science,2000,83(5):1052–1063.

[25] 孙国强,王书芝,吕永艳,等.饲粮磷含量对 11~15 月龄青年奶牛生长性能、血液指标和磷排泄的影响[J].动物营养学报,2015,27(12):3912–3919.

[26] 戈新,王建华,汪文鑫,等.不同磷水平日粮对崂山奶山羊氮消化代谢的影响[J].饲料研究,2007(10):39–42.

Effects of Dietary Phosphorus Level on Lactation Performance and Serum Indices of *Laoshan* Dairy Goats

WANG Huimin[1] ZHU Fenghua[1] GE Wei[1] CAO Yufang[1] CHENG Ming[2] LIN Yingting[1*]

(1. *College of Animal Science and Technology*, *Qingdao Agricultural University*, *Qingdao* 266109, *China*; 2. *Institute of Husbandry and Veterinary of Qingdao*, *Qingdao* 266109, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to determine the effects of dietary phosphorus level on lactation performance and serum biochemical indices of *Laoshan* dairy goats. Thirty 2-parities *Laoshan* dairy goats in mid-lactation with average weight of (56.55±1.17) kg， milk yield of (2.20±0.07) kg/d were used by single-factor randomized design and equally divided into 3 groups with 10 goats per group and one goat per replicate. Three groups were fed diets with consistent energy and protein level, but different phosphorus levels (0.26%, 0.36% and 0.46%, respectively). The pre-experiment lasted for 15 d, and the formal experiment lasted for 60 d. The results showed as follows: 1) dietary phosphorus level had no significant effect on dry matter intake (P>0.05). 2) 0.36% group had higher average milk yield, which was significantly higher than that in 0.26% group and 0.46% group (P<0.01), and there was no significant difference between 0.26% group and 0.46 % group (P>0.05); dry matter intake/milk yield and dry matter intake/4% fat corrected milk in 0.36% group was lower, and was significantly lower than those in 0.46% group (P<0.01). 3) Dietary phosphorus level had no significant effects on milk fat percentage, milk protein percentage, lactose

*Corresponding author, professor, E-mail: lyt0701@aliyun.com (责任编辑　王智航)

percentage, milk non-fat solids percentage, milk phosphorus content, milk calcium content (P>0.05). 4) Dietary phosphorus level had no significant effects on serum calcium, phosphorus and urea nitrogen contents, and alkaline phosphatase activities of *Laoshan* dairy goats (P>0.05). Thus, the suitable phosphorus level for lactating *Laoshan* dairy goats is 0.36%.

Key words: *Laoshan* dairy goats; phosphorus level; lactation performance; serum biochemical indices